# ANNEXE 1 SPECIFICATIONS TECHNIQUES

***[Cf. Document joint]***

# ANNEXE 2 CALENDRIER PREVISIONNEL

**Le calendrier prévisionnel devrait lister *a minima* les dates contractuelles importantes, ainsi que d’autres dates clés liées à la réalisation de la Centrale par le Prestataire ou liées à l’intervention de tiers (STEG notamment). Un exemple indicatif est fourni ci-dessous sous forme de tableau.**

| Jalons | Date | |
| --- | --- | --- |
| Début | Fin |
| **Prise d’Effet du Contrat** |  |  |
| Etudes de conception |  |  |
| Début de la mobilisation sur le site |  |  |
| **Préparation et aménagement du site**  Défrichement – Terrassements/Nivellement  Route d’accès et pistes intérieures  Clôtures et portail  Tranchées et canalisations  Fondations des structures  Fondations des bâtiments / postes |  |  |
| **Livraison des équipements principaux (en douane / sur Site)**  Structures  Modules PV  Onduleurs  Equipements DC  Equipements AC  Transformateurs  Poste de Livraison |  |  |
| **Travaux d’installation et de câblage**  Montage des structures  Installation des modules PV  Installation des boîtiers DC/onduleurs/transformateurs  Câblage réseau DC  Câblage réseau AC  Poste de Livraison  Capteurs météorologiques, SCADA & telecom |  |  |
| **Réalisation des ouvrages de raccordement STEG** |  |  |
| **Connexion aux réseaux telecom externes** |  |  |
| **Essais et Mise en Service**  Réception Mécanique  Mise sous Tension de la Centrale  Essais de conformité STEG  Essai de Ratio de Performance |  |  |
| **Date Cible de Réception Provisoire** |  |  |
| **Réception Définitive** |  |  |

# Exemple sous forme de diagramme de Gantt:

# ANNEXE 3 MODELE DE PROCES-VERBAL DE RECEPTION MECANIQUE

Date : 202[\*]

A : [Client] et [Prestataire]

Tel que prévu dans le CONTRAT DE CONSTRUCTION D’UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE entre [Client] et [Prestataire] pour la conception, la construction, les essais et la mise en service de la Centrale Solaire Photovoltaïque \_\_\_\_\_\_\_ en date du \_\_/\_\_/\_\_\_\_ (le " Contrat ").

Conformément à l’Article 4.1 du Contrat, il est certifié par la présente que :

1. L’ensemble des éléments et équipements de la Centrale ont été installés dans les conditions prévues au présent Contrat ;
2. Les contrôles et essais préalables à la mise sous tension de la Centrale ont été réalisés conformément à l’Annexe 6 avec succès,
3. Les réserves mineures se rapportant aux Travaux, le cas échéant, n’affectent pas le fonctionnement, la sécurité ou la pérennité de la Centrale,
4. La Centrale est prête pour fonctionner et pour être soumise aux Essais de Mise en Service, sous réserve du raccordement de la Centrale au réseau électrique.

Les termes en majuscules utilisés dans le présent certificat ont la signification qui leur est donnée dans le Contrat (sauf s'ils sont définis spécifiquement dans le présent certificat).

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Signatures

# ANNEXE 3 BIS MODELE DE PROCES-VERBAL DE RECEPTION PROVISOIRE

Date : 202[\*]

A : [Client] et [Prestataire]

Tel que prévu dans le CONTRAT DE CONSTRUCTION D’UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE entre [Client] et [Prestataire] pour la conception, la construction, les essais et la mise en service de la Centrale Solaire Photovoltaïque \_\_\_\_\_\_\_ en date du \_\_/\_\_/\_\_\_\_ (le " Contrat ").

Il est certifié par la présente que :

1. L'avis de Réception Mécanique a été émis conformément à l’Article 4.1 du Contrat ;

2. Le Procès-verbal de Mise en Service a été signé le \_\_/\_\_/\_\_\_\_ ;

3. Les conditions décrites à l’Article 5.1 du Contrat préalables à la Réception Provisoire ont été remplies ;

4. La Centrale a atteint un ratio de performance minimal de \_\_% tel que définis à l’Article 4.3 et en Annexe 6 du Contrat ;

5. Les Réserves jointes au présent certificat doivent être corrigées dans un délai de trois (3) mois à compter de l’établissement de ce document ; et

Compte tenu de ce qui précède, il est certifié par les présentes que la Centrale a été construite conformément au Contrat et que la date de début de la période de garantie du Contrat prend effet à la date de la présente.

Les termes en majuscules utilisés dans le présent certificat ont la signification qui leur est donnée dans le Contrat (sauf s'ils sont définis spécifiquement dans le présent certificat).

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Signatures

# ANNEXE 4 POLICE D’ASSURANCE

**La présente Annexe fournit une liste des polices d’assurances habituellement requises pour le type de projet considéré. Il est recommandé dans tous les cas de valider les polices auprès des assureurs/courtiers qui seront associés au Projet considéré avant la signature du Contrat.**

Le Prestataire doit fournir, maintenir et payer les types et les montants d'assurance spécifiées dans la présente annexe auprès de compagnies d'assurance de droit Tunisien.

* Assurance de responsabilité civile vis-à-vis des tiers

Couvrant les dommages corporels et le décès de tiers (y compris le personnel du Client) et la perte ou les dommages causés à des biens (y compris les biens du Client et toute partie des installations qui ont fait l’objet d’une réception par le Client), survenant en relation avec la fourniture et le montage des Installations.

Montant : Illimité

Franchise : Sans

Partie Assurées : Le Prestataire, les sous-traitants, le Client

Durée :

* Assurance tous risque construction/montage

Couvrant la perte ou les dommages physiques causés aux installations sur le site, survenant avant la Réception Définitive, avec une extension de garantie couvrant la responsabilité du Client au titre de la perte ou des dommages survenus pendant la période de garantie tant que le Prestataire demeure sur le site pour exécuter ses obligations pendant la période de garantie.

Montant : montant du marché +15%

Franchise : au maximum équivalent à 0,1% du montant assuré

Partie Assurées : Le Prestataire, les sous-traitants, le Client

Durée :de la mobilisation sur site du Prestataire jusqu’à la Réception Définitive

* Assurance transport maritime

Couvrant la perte ou les dommages causés aux matériels et équipements (y compris les pièces de rechange) et aux équipements de montage devant être fournis par le Prestataire ou ses sous-traitants, survenant en cours de transport entre les usines ou dépôts de leur fournisseur ou fabricant jusqu’à l’arrivée sur le site.

Montant : 100% de la valeur DDP du matériel

Franchise : aucune

Partie Assurées : Le Prestataire, les sous-traitants, et fabricants

Durée : jusqu’au déchargement sur site.

* Assurance pour la conduite des véhicules et des machines

Couvrant l’usage de tous les véhicules utilisés par le Prestataire ou ses sous-traitants (qu’ils en soient ou non propriétaires), en relation avec la fourniture et le montage des installations. Le montant de la couverture sera conforme à la réglementation en vigueur.

* Assurance assurances sociales

Conforme à la réglementation en vigueur en matière d‘assurances sociales et notamment la loi numéro 94-28 du 21/02/1994 relative au régime de réparation en matière d’accident du travail et maladies professionnelles.

* Assurance décennale

Conforme aux dispositions de la loi 94-9 du 31/01/1994 relative à la responsabilité et au contrôle technique dans le domaine de la construction et aux dispositions de l’article 95 de la loi 94-10 du 31/01/1994 portant insertion d’un troisième titre dans le code des assurances.

Toute assurance autre que celle spécifiée dans le présent Contrat, que le Prestataire peut être tenu par la Loi de souscrire ou peut souhaiter pour sa protection, doit être obtenue et maintenue à ses propres frais de manière à ne pas porter atteinte aux droits du Client, de l'Opérateur de réseau et des Prêteurs en ce qui concerne les polices à maintenir en vertu de la présente annexe. Pour éviter tout doute, le Prestataire doit souscrire toute couverture d'assurance requise par la Loi, en particulier en ce qui concerne les questions de travail et de sécurité.

# ANNEXE 5 ECHEANCIER DE PAIEMENT DU PRIX

**Il est recommandé de veiller à ce que l’échéancier de paiement reflète la valeur des équipements ou services effectivement rendus. Un exemple indicatif est fourni ci-dessous (considérant la proposition d’une retenue de garantie de 5% conformément au 6.5 du Contrat entre Réception Provisoire et Définitive).**

**Point de vigilance : il est également recommandé que le Prestataire fournisse et intègre dans la présente annexe, en plus de l’échéancier, un bordereau de prix, détaillant les prix des différentes équipements et services, pour les besoins ultérieurs de l’administrations fiscale et douanière (détermination des droits de douane en fonction de chaque article).**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Phase du Projet** | | **Détails** | **Montant (%)** | **Montant cumulé (%)** | **Montant (TND)** | **Montant Cumulé (TND)** | **Montant (Devise)** | **Montant Cumulé (Devise)** |
| 1 | Avance de paiement | A l’émission de l’avis d’exécution | *10%* | *10%* |  |  |  |  |
| 2 | Génie civil réalisé | Mobilisation sur la zone du site effectué, travaux d’aménagement et de voirie sur le site réalisés ainsi que la mise en place des clôtures et portique d’entrée. | *10%* | *20%* |  |  |  |  |
| 3 | Installation des structures | 100% installé | *10%* | *30%* |  |  |  |  |
| 4 | 50% équipements livrés | 50% onduleurs et modules sur site | *15%* | *45%* |  |  |  |  |
| 5 | 100% équipements livrés | 100% onduleurs et modules sur site | *15%* | *60%* |  |  |  |  |
| 6 | 50% équipements installés | 50% d'achèvement mécanique et connexion CC. Modules montés sur structures et connectés aux onduleurs | *10%* | *70%* |  |  |  |  |
| 7 | Réception Mécanique | 100% de connexion AC, achèvement des travaux, et Réception Mécanique prononcée | *10%* | *80%* |  |  |  |  |
| 8 | Mise en Service | Succès de la mise en service émission du PV de Mise en Service de la STEG | *10%* | *90%* |  |  |  |  |
|  | Réception Provisoire de la Centrale | Succès des essais opérationnels, émission du PV de Réception Provisoire | *10%* | *100%* |  |  |  |  |
|  | **TOTAL** |  | **100%** |  |  |  |  |  |

# ANNEXE 6 PROCEDURES D’ESSAIS ET DE MISE EN SERVICE

**La présente annexe propose de manière indicative une liste de tests et de conditions préalables à la Mise en Service et aux différentes Réception. IL est recommandé d’adapter le contenu aux particularités du projet (taille, étendue des travaux, technologie, exigences de qualité spécifiques, demandes particulières de la STEG, etc.).**

La présente annexe énonce les procédures et les exigences relatives à la réalisation des contrôles et essais conduisant à la Réception Mécanique, la Mise en Service, la Réception Provisoire et Définitive, telles que définies dans le Contrat.

Elle présente également les normes applicables, les conditions préalables à la réalisation des essais, l’étendue des essais, les procédures pour les essais et le processus pour la validation des protocoles et des résultats des essais.

1. Protocole des essais

[Trois mois avant de commencer les essais], le Prestataire doit soumettre à l'examen et à l'approbation du Client son "Protocole des essais" proposé comportant :

* le protocole des contrôles et essais préalables à la Réception Mécanique conforment à l’article 2 de cette annexe,
* le protocole de la mise sous tension conforment à l’article 3.1 ci-dessous
* le protocole des contrôles et des essais de Mise en Service conformément à l’article 3.2,
* Le protocole des tests de performances conformément à l’article 4 et 5 ci-dessous.

Le protocole de la mise sous tension devra être soumis au préalable par le [Client/Prestataire] à la STEG pour avis.

Ce Protocole des essais doit identifier chaque essai et fournir des informations adéquates à l'appui pour documenter l'achèvement des exigences correspondantes. Il doit être conforme aux exigences des fabricants, des normes, de la STEG et de cette annexe.

Le Client doit examiner le Protocole des essais proposé par le Prestataire et fournir ses commentaires au Prestataire dans les 10 Jours ouvrables suivant sa réception.

Si le Client fournit des commentaires, le Prestataire doit réviser son Protocole d’essais proposé pour tenir compte des commentaires du Client et le soumettre de nouveau pour examen et approbation dans les cinq jours ouvrables suivants.

Le Client doit aviser le Prestataire par écrit lorsque le Protocole d’essais proposé est acceptable.

Tous les essais et les essais de performance devront être effectués conformément au Protocole d'essais approuvé par le Client.

1. Contrôles et essais préalables à la Réception Mécanique et à la mise sous tension de la Centrale

Les contrôles et essais préalable à la Réception Mécanique sont effectués avant le raccordement au réseau électrique de la STEG et visent à démontrer l’achèvement mécanique de la Centrale et sa capacité à fonctionner en toute sécurité. Ainsi, ils comprennent :

• Les contrôles portant sur la sécurité des biens et des personnes de tous les éléments constitutifs de la Centrale ;

• Les contrôles quantitatifs de tous les éléments constitutifs de la Centrale ;

• Les contrôles qualitatifs mécaniques et électriques de tous les éléments constitutifs de la Centrale

• La vérification que les éléments constitutifs de la Centrale répondent aux exigences techniques ;

Les contrôles et essais préalables à la Réception Mécanique doivent être réalisés conformément aux règles et normes applicables notamment la norme CEI 62446-1 Systèmes photovoltaïques (PV) - Exigences pour les essais, aux procédures des fabricants, aux prescriptions de la STEG éventuellement applicables, ainsi qu’aux prescriptions détaillées dans ce présent chapitre.

2.1 Inspection visuelle et contrôle de la documentation

L'inspection visuelle porte sur chaque composant faisant partie de la Centrale et vise à vérifier que :

* Chaque composant est exempt de dommages visibles susceptibles d'affecter la sécurité des biens et du personnel ;
* Chaque composant a été correctement installé, conformément aux prescriptions d'installation du fabricant et dans le respect des conditions de garanties.
* Les matériaux utilisés sont appropriés et adaptés à l'environnement dans lequel le composant est installé ;
* Chaque composant est facilement accessible pour les opérations d’exploitation, d’entretien et de maintenance ;
* L'installation électrique a été réalisée conformément aux exigences du Contrat, et en particulier les puissances DC et AC prévues ;
* L'état de propreté de la Centrale est satisfaisant ;
* L'étalonnage de tous les équipements de mesures, le calibrage des équipements de protection ont été correctement réalisés et les certificats de calibrage transmis ;
* La disponibilité des plans électriques, des manuels de sécurité et de manuels d'utilisation est vérifiée ;
* La signalisation et l'étiquetage des équipements électriques et notamment des câbles, des tableaux électriques, des fusibles, disjoncteurs, circuits, etc. ont correctement été réalisés et concordent avec les plans ;
* Les connexions sont correctement réalisées ;
* Les protections nécessaires contre les chocs électriques et l'isolation des pièces actives (contact indirect) sont en place ;
* La signalisation relative à la santé et à la sécurité des équipements et de la centrale est bien en place ;
* Tous les procès-verbaux et rapports d’essais, de tests, de conformité en usine et sur site, ont été fournis et validés
* Le dossier de construction a été fourni et validé, et ce dernier inclue en particulier :
  + Les plans
  + Les fiches techniques des composants
  + Les notes de calculs
  + Les études de sélectivités (incluant le paramétrage des protections)
  + Les procès-verbaux et rapports d'essais en usine ou les rapports des essais du fabricant de chaque composant (PAC/FAC, flash tests, etc.)
  + Les procès-verbaux rapports d’essais sur site (tests sur le béton, tests à l’arrachement des pieux, etc.)
* Le rapport final du bureau de contrôle vierge de toute remarque et confirmant les travaux ont été construits conformément aux lois et normes applicables.

2.2 Contrôle visuel : liste des composants

Les contrôles visuels s'appliquent à tous les composants qui font partie de la Centrale, y compris les équipements de raccordement au réseau notamment :

* Fondations et structures (vérifier l'installation et le montage corrects des fondations et structures et la bonne utilisation des matériaux)
* Chaines des modules PV (vérifier l'installation et le montage corrects des structures, modules et des chaînes, y compris le câblage)
* Boites de jonction (si présentes) (vérifier la bonne installation des boitiers, en particulier la distance de l'équipement vis-à-vis du niveau du sol. Vérifier les terminaisons des câbles CC, serrage au couple, etc)
* Les câbles CC entre les boites de jonctions et onduleurs (vérifier la bonne installation des câbles, y compris les connecteurs, et la pose des câbles dans les tranchées (pendant les travaux d'exécution)).
* Onduleurs (vérifier que l'installation de l'onduleur est conforme aux prescriptions d'installation du fabricant : vérifications des terminaisons des câbles CC, serrage au couple, mise à la terre, câbles de communication, etc.)
* Poste de transformation (vérifier que les équipements du poste de transformation sont conformes aux prescriptions d'installation du fabricant : contrôles des terminaisons des câbles, serrage au couple, mise à la terre, câbles de communication, niveau d’huile, etc)
* Réseau interne à la Centrale (L'inspection visuelle devra être effectuée pendant les travaux d'exécution, pour vérifier la bonne installation des câbles)
* Poste de Livraison (vérifier la bonne installation des équipements du poste de Livraison)
* *[Si à la charge du Prestataire : Ligne MT d’interconnexion (vérifier la bonne installation des câbles, des supports, terminaisons, vis-à-vis des prescriptions de l’étude détaillée de raccordement de la STEG)]*
* La clôture et le portail (vérifier la bonne installation des équipements)
* Système de surveillance, (vérifier la bonne installation des équipements y compris alimentations électriques de back-up (UPS)

Les inspections visuelles des équipements de la Centrale et du Site conformément aux clauses 1.1 et 1.2 de la présente annexe seront effectués par le Prestataire, le Client se réservant le droit d’y assister et/ou de s’y faire représenter.

2.3 Tests d’achèvement électro-mécaniques

Les aspects suivants de la Centrale doivent faire l'objet d'un essai fonctionnel permettant de confirmer que les composants faisant partie de la Centrale fonctionnent selon les paramètres prévus et que le système électrique est sûr et prêt à être mis sous tension :

* La continuité électrique et les polarités et connexions entre les panneaux ainsi que les continuités de mise à la terre ;
* Les polarités des chaines CC
* Les onduleurs/transformateurs en référence au manuel d'utilisation et d'entretien (vérifications des terminaisons des câbles CC, serrage au couple, mise à la terre, câbles de communication, niveau d’huile, etc.;)
* Le système de contrôle et de surveillance (le cas échéant) ;
* La mise à la terre des équipements, des sous-stations, des déchargeurs et des paratonnerres (le cas échéant) ;
* L'isolation des circuits électriques et des circuits de mise à la terre ;
* Essai du matériel électrique et des systèmes de mise à la terre pour s'assurer qu'ils sont conformes aux normes applicables
* Essai des Pyranomètres et capteurs de température.

Plus spécifiquement, les tests suivants devront être réalisés

|  |  |
| --- | --- |
| Équipement | Vérification/Tests |
| Modules | Absence de défaut (inspection visuelle sur Site)  **[Note : Il peut être également recommandé de conduire, avant livraison, des tests préalables (flash, electroluminescence, Infra-rouge, etc.) dans un laboratoire indépendant (échantillon en général : 0,1% des modules]** |
| Structures/Trackers | Fixation ancrage/structure/moteurs, fonctionnement, mise à la terre |
| Strings | Mesures sur chaque chaîne de modules PV installée.  Les paramètres suivants devront être testés :  - Continuité de la mise à la terre entre la borne de mise à la terre du châssis du module et la borne de mise à la terre de la structure du module ;  - Polarité ;  - Tension à vide (VOC) tel que décrit au paragraphe 2.4 de la présente annexe;  - Courant de court-circuit (ISC) tel que décrit au paragraphe 2.5 de la présente annexe ;  - Isolement électrique ; |
| Boites de jonctions | Les paramètres suivants devront être testés :  - Continuité de la mise à la terre entre la borne de mise à la terre de l'armoire et le câble de mise à la terre/terre ;  - Polarité des chaines CC  - Fonctionnement du sectionneur CC |
| Réseaux BT (CC et CA), réseau MT, réseau équipotentiel | Les paramètres suivants devront être testés :  - Test d’isolement électrique des câbles  - Test de tension de 24 heures sur les mêmes câbles |
| Onduleurs | Les paramètres suivants devront être testés sur les câbles CC en provenance des chaînes PV :  - Polarité  - Tension à vide (V OC)  - Paramétrage onduleurs  - Rotation des phases  Autres essais à effectuer conformément aux prescriptions du fabricant. Une partie de ce travail aura pu être effectuée en usine. |
| Postes de transformation | Les paramètres suivants devront être testés :  - Test d’isolement électrique des câbles  - Test de fonctionnement des relais de protection MT  - Tests d'automatisation et de contrôle, y compris les interfaces avec le système de télégestion (SCADA). En particulier, le redémarrage séquentiel après une perte de réseau.  - Tests des équipements de sécurité du transformateur  - Test des disjoncteurs de protection BT  - Contrôle des prises de terre et dispositifs contre la foudre  - Dispositifs de verrouillage, y compris les interfaces - le cas échéant - avec l'onduleur et la sous-station MT  - Dispositif de ventilation  Autres essais à effectuer selon les prescriptions du fabricant. Une partie de ce travail aura pu être effectuée en usine. |
| Réseau fibre optique | Essais de réflectométrie sur des câbles à fibres optiques (FO). |
| Poste de livraison | - Test de fonctionnement des relais de protection MT  - Essais d'automatisation et de contrôle, y compris des opérations partagées avec la sous-station de la STEG. Tests de fonctionnement du système de télégestion (SCADA).  - Test des disjoncteurs de protection BT  - Test UPS (banc de batteries + panneau de charge CC)  - Contrôle des prises de terre et dispositifs contre la foudre  - Dispositifs de verrouillage, y compris les interfaces, le cas échéant, avec les postes de transformation de l'installation solaire et la sous-station de la STEG  Autres essais à effectuer selon les prescriptions du fabricant. Une partie de ce travail aura pu être effectuée en usine. |
| Stations météorologiques | Fonctionnement général notamment des pyranomètres. L'étalonnage des pyranomètres doit être conforme au certificat fourni par le fabricant. |
| Système de supervision | Visualisation des paramètres de la centrale et fonctionnement général, en local et à distance |
| Système de vidéo-surveillance (si existant) | Visualisation de l’ensemble des zones de la centrale et fonctionnement général |
| Système anti-intrusion, centrale d’alarme | Fonctionnement général en local et à distance |

2.4 Tests de tension en circuit ouvert - VOC

L'essai de tension en circuit ouvert est une méthode simple pour déterminer que toutes les chaines de modules de l'installation sont correctement raccordées et que tous les panneaux produisent un niveau de tension approprié.

Toutes les chaînes doivent être testées avant que l'installation ne soit raccordée au réseau, à l’aide d’un Voltmètre avec une précision d'au moins [3] pour cent de la lecture. Les mesures doivent être effectuées par un personnel habilité pour le faire. Pour éviter une mesure erronée des chaines de modules, les câbles doivent être retirés de l'onduleur.

La tension des chaînes de modules doit être d'au moins 5% de la tension de circuit ouvert STC ajustée en fonction de la température.

2.5 Test du courant de court-circuit- ISC

L'essai de courant de court-circuit fournit une méthode simple pour déterminer que toutes les chaines de modules sont correctement connectées et que tous les panneaux produisent un niveau de courant approprié.

Toutes les chaînes doivent être testées avant que l'installation ne soit connectée au réseau, à l’aide d’un Ampèremètre avec une précision d'au moins [3] pour cent de la lecture. Les mesures doivent être effectuées par un personnel habilité pour le faire.

Les essais de courant de court-circuit seront considérés comme réussis si tous les Isc, des chaines atteignent au moins 90 % de la valeur théorique ajustée à l’irradiance réelle (niveau d’ensoleillement) reçue au moment de l'essai.

**Note :** Pour des raisons de sécurité et de prévention des dommages aux équipements connectés, la polarité des strings et les tests sur les boites de jonction tels que décrits dans la norme CEI 62446 (chapitre 6.3) doivent être effectués avant que les chaînes ne soient interconnectées.

1. Essais de Mise en Service

La mise en service comprend les procédures de mise sous tension, la mise sous tension des éléments de la Centrale et les contrôles fonctionnels associés tels que décrits ci-dessous. Les procédures de mise sous tension ainsi que la mise sous tension seront effectuées en concertation avec la STEG à la suite de la Réception Mécanique. Les contrôles fonctionnels seront effectués, une fois la centrale raccordée, en concertation avec le Client. Le Prestataire devra s'assurer que toutes les conditions de sécurité sont remplies pour la réalisation des différentes étapes.

3.1 Procédures liées aux essais

Les procédures de mise en service seront présentées de manière à distinguer à minima les étapes suivantes :

- Les essais précédant la Mise en Service conformément aux exigences de la STEG

- Mise sous tension initiale de la ligne d'interconnexion

- Synchronisation initiale des onduleurs

- Tests de conformité selon le Code Réseau et les résultats de l’étude de conformité fournie à la STEG

Elles devront se conformer aux procédures des fabricants, de la STEG (et notamment au Code Réseau[[1]](#footnote-1)) ainsi que des normes CEI applicables.

3.2 Essais de Mise en Service par composants et pour la Centrale

Les contrôles et Essais de Mise en Service doivent être réalisés conformément aux règles et normes applicables notamment la norme CEI 62446-1 Systèmes photovoltaïques (PV) - Exigences pour les essais et aux procédures des fabricants, aux exigences de la STEG et à la présente annexe. Elles comprennent en particulier :

* Pour les chaînes de modules PV :
* Mesures sur chaque chaîne de modules PV installée.
* Mesure du Courant de court-circuit - opérationnel

**Note : en tant que meilleure pratique il peut être recommandé de contrôler sur site les courbes I-U d’un échantillon de chaînes de module (par exemple 10%) à l’aide d’un traceur I-U et de capteurs irradiation/température adaptés**

* Pour les onduleurs, postes de transformation et poste de livraison
* Essais de fonctionnement selon les prescriptions des fabricants.
* Essais des relais de protection selon les prescriptions de la STEG
* Système de télécontrôle (SCADA)

Vérification de l'automatisation et du contrôle, ainsi que du fonctionnement du système de télécontrôle (SCADA). Vérifier que le flux de données est opérationnel et que les informations sont bien transmises entre les différentes parties.

* Station météorologique :

Essais de fonctionnement selon les prescriptions des fabricants. Vérification de la précision des valeurs données par les capteurs météorologiques - irradiance, température, vent (le cas échéant), pluie (le cas échéant).

* Contrôles fonctionnels et de qualité de la puissance

Le Prestataire effectuera des tests pour confirmer la conformité aux engagements du Code Réseau, ainsi qu'aux autres normes applicables.

**Note : Il est également recommandé de réaliser des inspections à la caméra thermique infrarouge sur les modules, boites de jonctions pour vérifier qu’il n’y ait pas de points chauds.**

**Un calcul de la puissance au point de livraison pourra être proposé. Il est alors conseillé de se référer à la norme « CEI 60891 Procédure pour les corrections de température et d'éclairement énergétique aux caractéristiques I-U mesurées des dispositifs photovoltaïques au silicium cristallin » pour cela.**

1. Tests de Performance pour la Réception Provisoire

Les Tests de Performances doivent être réalisés conformément aux règles et normes applicables notamment la norme CEI 61724 Surveillance des qualités de fonctionnement des systèmes photovoltaïques- Recommandations pour la mesure, le transfert et l’analyse des données ainsi qu’à cette annexe.

4.1 Préalable aux essais de performances

La Réception Mécanique et les essais liés à la Mise en Service doivent avoir été passés avec succès. L’installation doit être achevée sur les plans électrique et mécanique, à l'exception des éléments mineurs de qui n'ont aucune incidence sur la sécurité, le fonctionnement ou la fiabilité de l'installation.

Le système de supervision doit être fonctionnel et la Centrale doit pouvoir être supervisée à distance.

Tous les onduleurs doivent fonctionner conformément aux spécifications du fabricant. Ils sont étalonnés et communiquent correctement avec le système de supervision de la Centrale.

4.2 Essais de performance pour la Réception Provisoire (essai de courte durée)

A l’issue des tests et de la bonne Mise en Service de la Centrale, le Prestataire effectuera un test de performance pendant une période d’essai, caractérisé par un niveau de Ratio de Performance (PR).

Lors des essais de Réception Provisoire, le Prestataire doit démontrer que la Centrale atteint [90-95%] du Ratio de Performance Théorique (PRt) défini à la Réception Provisoire.

4.3 Calcul du Ratio de Performance

Le ratio de performance (PR) est lié à la puissance crète de la Centrale et peut être déterminé pour n'importe quelle période de temps. Le PR mesuré est défini comme suit :

Avec :

* E = Production d'électricité [kWh] mesurée au compteur de la STEG
* PDC = est la puissance crête nominale à STC des modules installés telle qu’indiquée dans la fiche technique (en kWc).
* Gi = somme totale du rayonnement solaire global total dans le plan incliné des modules [kWh/m²] mesuré pendant la période d'essai.

L'irradiation pour le calcul du Gi doit être mesurée à l'aide des pyranomètres de la Centrale, positionnés au même angle d'azimut et d'inclinaison que les panneaux photovoltaïques (moyenne arithmétique des pyranomètres installés sur site (lectures à vérifier/corriger pour exclure toute valeur erronée)). En cas de défaillance d'un ou de plusieurs appareils de mesure, les mesures seront exclues du calcul de l'irradiation moyenne pour le calcul du PR. Si aucune donnée d'irradiation n'est disponible à partir des pyranomètres sur le site, l'irradiation devra provenir d'une source satellite ; cette source aura été préalablement choisie par le Prestataire en accord avec le Client.

La durée de l'essai de performance pour la Réception Provisoire sera de [15] jours, dont au moins [8 jours] satisferont aux exigences énumérées ci-dessous pour l'ensemble de la Centrale. Le Prestataire notifiera le Client du début du test.

* L'essai doit être effectué de telle sorte que, pendant une période d'au moins 64 heures avec des périodes d'échantillonnage de 15 minutes (dans l’intervalle des 15 jours), les panneaux ont été exposés à une irradiance égale ou supérieure à 50 W/m².

Le test de performance sera considéré comme achevé avec succès si les conditions suivantes sont remplies :

* PR, moyenné sur une période de [15] jours consécutifs de mesure, soit supérieur ou égal à [90-95%] du PR théorique mensuel à la mise en service (PRt). La valeur cible du PRt est définie dans le tableau ci-dessous et sera ajustée au pro-rata des deux mois concernés, si le test empiète sur deux mois.
* Disponibilité des onduleurs : 100% durant les heures opérationnelles. La durée de la période d’essai sera prolongée du nombre de jour où la disponibilité de 100% n’a pu être respectée.
* Les données générées et stockées au cours de l'essai de performance, basé sur la valeur de 15 minutes comprendront les données suivantes :
* Irradiance provenant de tous les pyranomètres installés sur site
* kWh pour chaque onduleur et au niveau du compteur STEG
* La température des modules

Les données susmentionnées seront fournies sous forme de données brutes uniquement dans un format Excel.

Tableau : Valeurs cibles du PR théorique

|  |  |
| --- | --- |
| **Mois** | **PRt** |
| **Janvier** | **Xx %** |
| **Février**  **Mars** | **Xx %** |
| **Mars**  **Avril** | **Xx %** |
| **Avril** | **Xx %** |
| **Mai** | **Xx %** |
| **Juin** | **Xx %** |
| **Juillet** | **Xx %** |
| **Août** | **Xx %** |
| **Septembre** | **Xx %** |
| **Octobre** | **Xx %** |
| **Novembre** | **Xx %** |
| **Décembre** | **Xx %** |

**Note : les valeurs de PRt devraient être basées sur des valeurs de PR issues des études de productible du Projet (simulation PV Syst ou équivalent).**

4.4 Temps d’exclusions

Les évènements suivants constitueront des périodes d’exclusion dans le calcul du PR :

* Indisponibilité ou restriction de puissance du réseau STEG, hormis le cas où cette indisponibilité serait du fait d’un défaut ou omission du Prestataire ;
* Tout événement de Force Majeure ;
* Les actes criminels commis par des tiers, y compris, mais sans s'y limiter, le vol, le vandalisme et les dommages volontaires ;
* Conditions de vent supérieures à la vitesse de mise en berne des trackers (si applicable)
* La violation par le Client de quelconque de ses obligations en vertu du Contrat (qui, pour éviter tout doute, n'est attribuable à aucun acte, défaut ou négligence du Prestataire, de ses employés, agents et sous-traitants) ou à tout acte d'empêchement du Client.

Les parties conviennent que si les évènements ci-dessus réduisent la durée du test de plus de [5%], le test sera prolongé jusqu’à atteindre la durée minimale requise.

Le Prestataire devra fournir le rapport de test justifiant du calcul du PR et des exclusions.

1. Contrôles et essais pour la Réception Définitive

5.1 Contrôles préalables à la Réception Définitive

Après [24 mois] d’exploitation suivant la Réception Provisoire, il sera procédé :

* A une visite pour contrôler l’état de la Centrale et la vérification de la levée des éventuelles réserves mineures spécifiées dans le certificat de Réception Provisoire.
* A une évaluation de la performance d’exploitation de la Centrale tel que spécifié ci-après et au calcul d’un Bonus/Malus en fonction du Ratio de Performance mesuré (et acté d’un commun accord entre les parties).
* Au contrôle que les éventuels défauts liés aux garanties ont été levés.

5.2 Essais de Performance pour la Réception Définitive (essai de longue durée)

Les Tests de Performances doivent être réalisés conformément aux règles et normes applicables notamment la norme CEI 61724 Surveillance des qualités de fonctionnement des systèmes photovoltaïques- Recommandations pour la mesure, le transfert et l’analyse des données ainsi qu’à cette annexe.

* Calcul et Durée du test de Performance

La durée du test pour de Réception Définitive est de *[douze (12)-vingt-quatre (24)]* mois à compter de la date effective de Réception Provisoire. Chaque période d'échantillonnage pour l’irradiance se fera à intervalles de 15 minutes, c.-à-d. Ts = 15 minutes, et les données seront celles recueillies et stockées par un enregistreur de données (ou le SCADA).

Le Prestataire doit effectuer le test du PR pour l'ensemble de la Centrale. Les modalités de calcul du PR sont identiques à celles figurant dans les sections 4.3 (en dehors de la durée et du niveau de PR cible, explicité ci-après).

Le test sera validé à condition que PR mesuré, moyenné sur une période de [12-24] mois consécutifs de mesure, soit supérieur ou égal à [95-97%] du PR théorique des [12-24] premiers mois [années 1 et 2], PRg. La valeur cible PRg est définie dans le tableau ci-dessous. Le test ne considérera que les pas de temps avec une irradiation moyenne dans le plan des modules supérieure à 50 W/m².

|  |  |
| --- | --- |
| **PRg** | **Xx %** |

**Note : les valeurs de PRg devraient être basées sur des valeurs de PR issues des études de productible du Projet (simulation PV Syst ou équivalent). Dans la pratique, il peut être accepté des tests de PR sur 12 ou 24 mois (le plus long étant le plus protecteur pour le Client).**

* Temps d’exclusions

Les évènements suivants constitueront des périodes d’exclusion dans le calcul du PR :

* Indisponibilité ou restriction de puissance du réseau STEG, hormis le cas où cette indisponibilité serait du fait d’un défaut ou omission du Prestataire ;
* Fait (y compris vandalisme) ou intervention d’un tiers n’agissant pas pour le compte ou en tant que sous-traitant du Prestataire, ou cas de Force Majeure, occasionnant une indisponibilité ou sous-performance de tout ou partie de la Centrale ;
* Conditions de vent supérieures à la vitesse de mise en berne des trackers (si applicable)
* La violation par le Client de quelconque de ses obligations en vertu du Contrat (qui, pour éviter tout doute, n'est attribuable à aucun acte, défaut ou négligence du Prestataire, de ses employés, agents et sous-traitants) ou à tout acte d'empêchement du Client.
* Maintenance préventive ou corrective dans la limite de [2%] de la durée du test; *[Le traitement de la maintenance peut varier selon si l’objectif est de caractériser un fonctionnement idéal (e.g. hors maintenance) ou un fonctionnement réel (e.g. avec maintenance, jusqu’à un certain niveau), et selon les engagements dans le contrat O&M]*
* Période d’indisponibilité des données de monitoring nécessaires au calcul ratio de performance, hormis le cas où cette indisponibilité serait du fait d’un défaut ou omission du Prestataire.

6. Dommages et intérêts liés au Ratio de Performance

En cas de non atteinte du PR cible à la Réception Provisoire, le Prestataire sera redevable d’un montant forfaitaire de [0.005-0.02]% du prix du Contrat pour chaque 0.1% de PR en dessous du PRt.

En cas de non atteinte du PR cible à la Réception Définitive, sur les [12-24] mois suivants la Réception Provisoire, le Prestataire sera redevable d’un montant forfaitaire de [0.1-0.2]% du prix du Contrat pour chaque 0.1% de PR en dessous du PRg

Les dommages et intérêts liés au Ratio de Performance seront limités à [5-10]% du prix total du Contrat.

**Le montant des indemnités sur le PR devrait être adapté au préjudice subi (e.g. niveau de tarif d’achat, productible sur le site, niveau de garanti offert, etc.).**

1. « Arrêté de la ministre de l’énergie, des mines et des énergies renouvelables du 9 février 2017, portant approbation du cahier des charges relatif aux exigences techniques de raccordement et d’évacuation de l’énergie produite à partir des installations d’énergies renouvelables raccordées sur le réseau haute et moyenne tension. » ou toute version ultérieure du document [↑](#footnote-ref-1)